

公司名称
北京市建筑设计研究院有限公司

项目地址
中国，张家口

应用软件
Autodesk® Revit® Architecture
Autodesk® Revit® Structure
Autodesk® Navisworks®
Autodesk® Revit® Dynamo
AutoCAD®

BIM作为目前国内建筑界最受追捧的应用技术之一，正受到越来越多人的关注。对体育建筑来说，其复杂的建筑功能与形态往往会带来多领域的高度复杂性，幕墙系统、屋面系统、结构体系和看台设计等都是工程的重点与难点。面对这一系列复杂系统的设计与实现，采用BIM技术可以提升多专业的工作效率、沟通效率和出图效率，大量节约时间成本。同时可建立精准的三维控制与易于修改的参变体系，准确、直观的优化建筑的空间关系与细部设计，做到数据可控。此外，还强化了设计师在不同设计阶段的把控力，保证了设计概念的延续性。利用BIM技术，我们可以高效、精确地完成设计目标，它有效提升了项目设计与管理水平，具有不可替代的作用。

— 刘康宏
体育建筑研究中心 副主任
北京市建筑设计研究院有限公司

张家口奥林匹克体育中心 BIM设计实践

——以体育场设计为例



图1 张家口奥体中心

北京市建筑设计研究院有限公司

北京市建筑设计研究院有限公司（简称BIAD），成立于1949年，是与共和国同龄的大型国有建筑设计咨询机构，是北京市人民政府出资并按照《公司法》设立的国有独资公司，北京市人民政府国有资产监督管理委员会监督管理的一级企业。

BIAD的业务范围包括：城市规划、投资策划、大型公共建筑设计、民用建筑设计、室内装饰设计、园林景观设计、建筑智能化系统工程设计、工程概预算编制、弱电工程、装饰工程、工程总承包等领域。目前，公司具备了以下资质：工程设计行业甲级、城乡规划设计甲级、工程咨询甲级、工程造价咨询甲级、旅游规划设计甲级、风景园林工程设计甲级、环境工程（物理污染防治工程）甲级。

BIAD是国家高新技术企业，设立有国家住宅产业化基地，北京市设计创新中心，北京市建筑节能高效与可再生能源利用工程技术研究中心，北京市信息化建筑设计与建造工程技术研究中心，国家教育部批准的与清华大学共建的国家级工程实践教育中心。

BIAD自成立以来，始终专注建筑设计主业，并和许多国家的著名设计公司保持着良好的合作关系，致力于向社会提供高品质的设计服务，并逐渐形成了“建筑服务社会，设计创造价值”的企业核心理念，在行业中享有极高声誉，铸就了BIAD的设计品牌。

BIAD服务的客户广阔，包含国家和地方各级党政机关和事业单位，国家和地方国有企业，民营企业，外资和合资企业等等，设计的价值体现于客户项目的成功，设计作品遍及全国和世界各地，许多成为国家和所在城市的标志性建筑。

BIAD集中了一大批优秀的建筑师和各个专业的工程师，拥有中国工程院院士1位，国家级勘察设计大师9位，国务院特殊津贴专家73位，北京市突出贡献专家12位，北京市百千万人才3位。在4000多名员工中，取得高级职称人员620名，具国家相关执业注册资格人员836人次，拥有博士36名，硕士995名，留学归国人员86名。



图2 2022北京-张家口将承办冬奥会

BIAD在全国各地设有13家分支机构，拥有全资和控股公司14家，参股公司9家，并与清华大学、中央美术学院等国内多家知名大学开展了合作办学工作。中心以其国际化的视角、追求卓越品质的态度，为顾客提供最专业和最优质的服务。

一、设计构思

(1) 项目背景

2022年北京-张家口将联合举办冬季奥林匹克运动会，为张家口带来新的机遇。在冬奥会的带动下，中国冰雪运动将进入一个高速发展时代，未来将有三亿民众参与到冰雪运动中。作为中国最著名的冰雪运动城市，冰雪运动与休闲旅游将成为张家口的城市名片。此次冬奥会张家口将承担雪上比赛项目，同时将激活区域冰雪产业，带动城市发展。山脉连绵、绿色环绕的张家口将成为世界级滑雪胜地。激发城市活力，展示冰雪与激情。

张家口奥体中心一系列冰上场馆的建设也将使张家口成为名副其实的世界冰雪之都。未来的奥体中心，不仅满足申办全冬会、亚冬会、全运会等大型赛事的要求，使张家口市民在家门口就能感受精彩赛事的魅力，还将承办各类文艺演出、会展展示等大型活动，为百姓提供更多参与文化活动的机会。奥体中心是未来城市发展的重要核心，是推动周边区域发展的强大引擎。

本项目共经历方案竞赛阶段、初步设计阶段，目前已经完成施工图设计工作。张家口奥体中心即将全民进入施工阶段。

(2) 设计构思

张家口位于北方重要的地理枢纽与战略要塞，

自古以来都是北方进入中原的重要门户，其三面环山，母亲河清水河自山中流出，一山一水为张家口带来了得天独厚的自然环境与气候特点，奥体中心用地紧邻清水河，十分有利于景观环境的塑造。在张家口奥体中心的设计中，项目组以“冰雪与激情”为主题，顺应张家口自然山水走势，保留张家口“多山”的文脉，奥体中心建筑群形象与方案概念取义雪山、冰川意向。

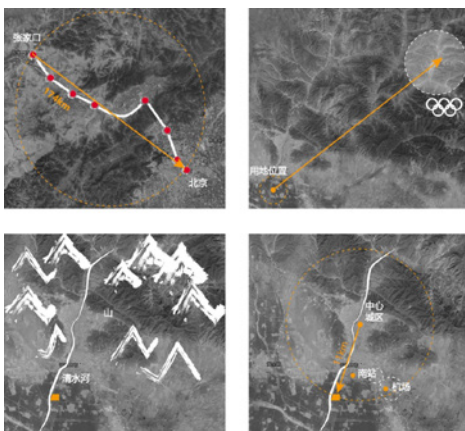


图3 用地区位条件

张家口市的空间基本要素进一步影响了奥体中心的基地的整体布局。除雪山、冰川外，河流、峡谷等自然元素也被转译到现有的基地。不同自然要素汇聚在此，形成整体的空间意向：北部的草坡平台、南部的低地广场、绵延的水系公园、通风的隘口走廊、以及冰川意向的场馆群。同时，将用地东侧地块景观、规划通盘考虑，打通自清水河至森林公园的景观走廊，形成连贯的城市绿化景观集群。

根据场馆性质和使用情况，项目组分为三个区域：冰雪运动区、体育场区、室内运动区，分

别设置体育场、体育馆、训练馆、游泳馆、速滑馆及室外场地等设施。园区利用草坡、绿地、水面广场将各个区域串联起来，做到分区明确、相互联系、互不干扰。同时有利于分期建设。

(3) BIM与参数化设计

雪山和冰川的结构给予奥体中心内体育场、体育馆、训练馆、游泳馆及速滑馆建筑群基本的形象，冻结的水与冰形成的雄伟结构被抽象和转译成了建筑形态。以人为本的建筑尺度是项目组设计的出发点，避免了单调而重复的立面。不规则的冰雪碎面产生较强的可塑性，创造了张家口奥体中心建筑外观的新形态。其简洁有力的造型和冰块通透的质感给予组团布局的场馆全新的建筑立面。



图4 建筑概念与形态

在本项目工程深化设计过程中，复杂的建筑功能与形态往往带来多领域的高度复杂性，项目组依托BIM技术并合理运用参数化设计等手段，保证了该工程项目深化设计的高效性、可控性及准确性。

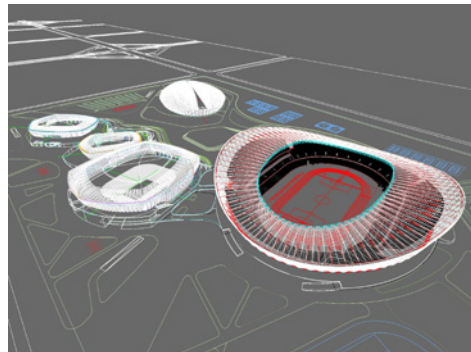
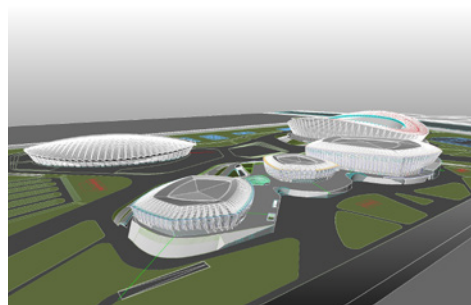


图5 奥体中心参数化模型

二、BIM设计方法及工作流程

下面将以奥体中心中体量最大的单体建筑体育场为例，介绍依托于BIM技术的工程深化设计及特点。体育场作为奥体中心的重要组

成，其建筑面积为74601m²，拥有固定坐席48051座，体育建筑等级为甲级。未来可举办国内综合性赛事及国际单项赛事；同时也可作为大型体育竞赛的开闭幕式场馆，兼顾大型文艺演出和全民健身等活动。



图6 奥体中心体育场



图7 奥体中心体育馆（居中）



图8 奥体中心内景

体育场的设计要点包括幕墙系统、屋面系统、复杂结构体系、看台及视线设计等工程，面对

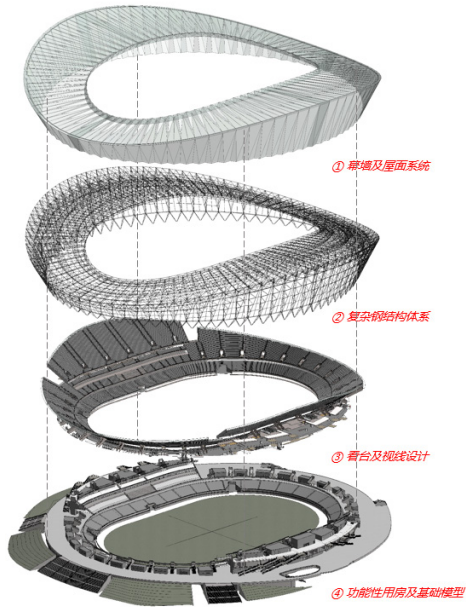


图9 建筑复杂性

这一系列复杂系统的设计与实现，项目组需建立高效、准确的工作体系来实现目标。因此，项目组采用BIM协同设计方式。

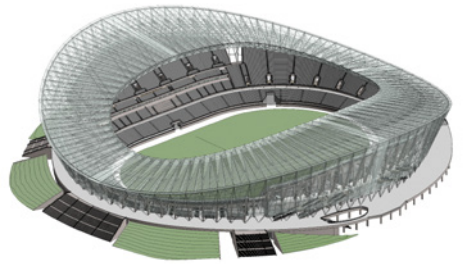


图10 体育场BIM模型

项目组建立了基于协同设计方法的工作流程。同时结合参数化设计思想与计算机编程等技术完成设计目标，在设计过程中综合考虑建筑的功能合理与形态美观。经优化调整，将设计成果汇总到整体BIM模型中，并对方案进行成果展示与表达。

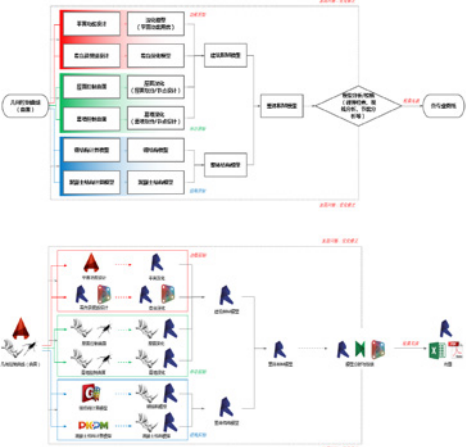


图11 BIM工作流程

三、工程设计中的BIM应用

在工程设计中，项目组将体育场分解为不同系统分别进行深化设计。其中包括幕墙系统、屋面系统、复杂结构体系、看台及视线系统等。接下来将分别介绍这四个系统在工程设计中的BIM应用。

(1) 屋面系统

体育场采用4mm厚铝单板的幕墙系统，并通过转接件固定于主体结构上。项目组根据场地条件、体量约束、限高要求等影响因素，设置限定性规则，建立参数化模型。首先在Autodesk AutoCAD中绘制出平面控制线和关键位置的截面轮廓线；将控制线导入软件中，形成空间控制线。

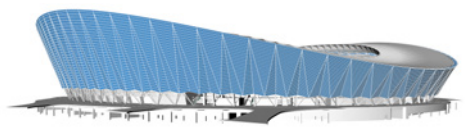


图12 幕墙系统

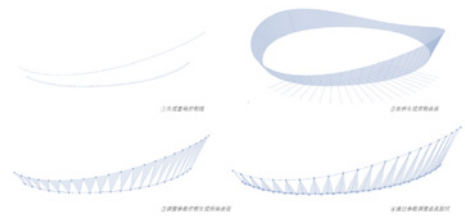


图13 幕墙系统设计及优化

再由控制线放样生成可编辑的三维曲面。结合平面轴网投影确定曲面起伏位置，利用软件编写参数化逻辑，通过调整不同参数控制曲面形式、起伏程度与细节形态，经过反复推敲，确定最终形体。

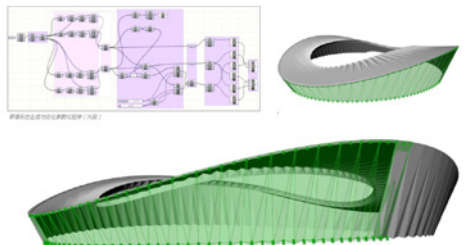


图14 幕墙系统参数化设计

在幕墙单元划分中，项目组需结合实际设计需要和建造要求，通过参数化设计，调节划分形式，验证分板尺寸，经过反复调整确定划分方式。

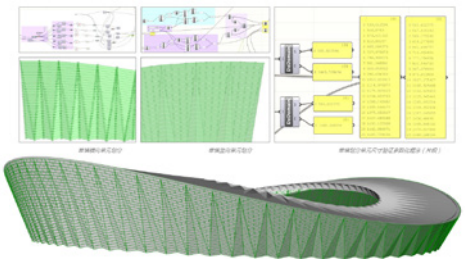


图15 幕墙系统单元划分

之后进行幕墙系统节点构造设计，以实现预期的建筑效果，并保证其结构合理性。而在观众

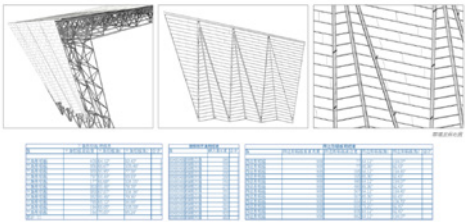


图16 幕墙系统构造设计

厅内幕墙设计中，同样采用了参数化设计方法，以满足功能使用需求与建筑形态要求。

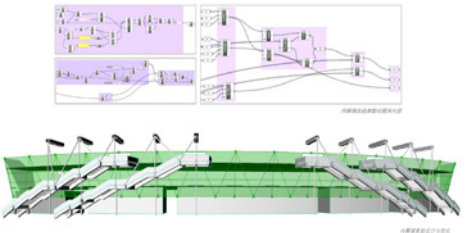


图17 内幕墙设计

(2) 屋面系统

本工程采用PTFE或CrossLink PVDF膜材覆盖的膜结构屋面形式，屋面膜结构敷着在主体钢结构的上表面，为骨架支撑式膜结构。

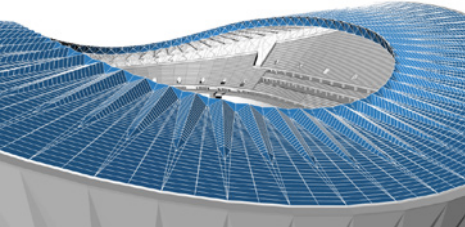


图18 屋面系统

项目组结合多种限制因素建立可控的参数化模型，以点、线、面逐层递进的控制逻辑生成屋面形态。其流程为首先生成基础控制线，之后再由控制线放样生成控制曲面，提取该四分之一的控制曲面进一步生成造型控制点及控制线，依次通过造型软件程序调整参数控制具体形态，进而生成内环曲面、屋面起伏曲面及平坦曲面。最终得到屋面形态的设计模型。

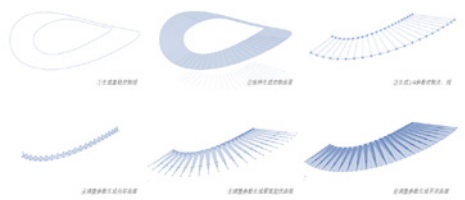


图19 屋面系统设计及优化

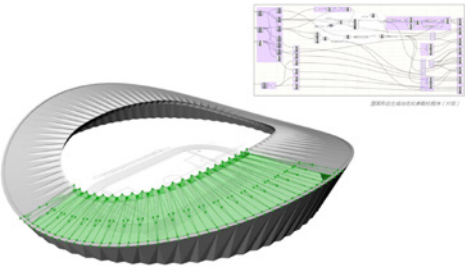


图20 屋面系统参数化设计

为优化屋面排水能效，项目组通过参数化软件进行了高程与坡度分析。以保证屋面的设计满足排水需求。

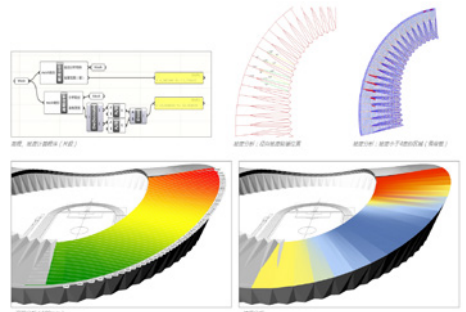


图21 屋面高程与坡度分析

同时对膜结构屋面进行划分，保证单元尺寸的合理性，并完成其节点构造设计。

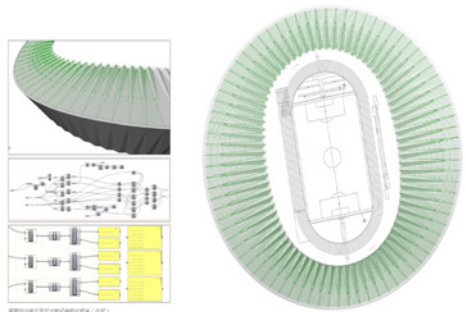


图22 屋面系统单元划分

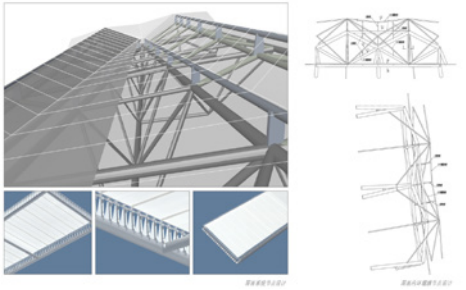


图23 屋面系统构造设计

在屋面、幕墙等系统完成阶段设计工作后，将成果导入BIM模型中进行综合检查。判断是否出现碰撞、交接等问题，同时进一步优化模型以保证设计的准确性。如天沟设计中，在满足

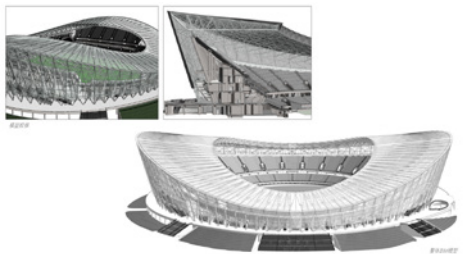


图24 协同工作与模型校核

排水功能的前提下，在BIM模型中进行与钢结构的碰撞检测，精确控制设计与实际施工的连贯性。

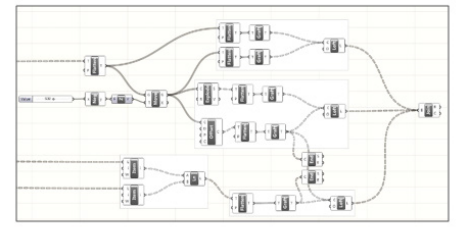
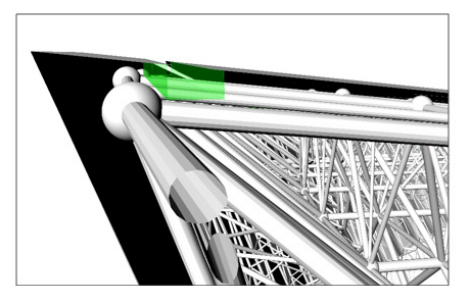


图25 天沟设计碰撞检测

(3) 看台设计

看台设计的重点是要对其进行视线分析。看台的首排位置、排距、排数、视线升高差、横走道等诸多因素都将影响视线分析的进行。

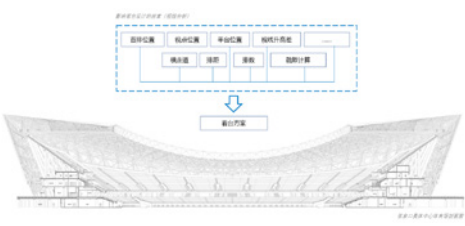


图26 看台设计影响因素

传统体育场馆看台设计主要以CAD绘制所需图纸，建筑师需要投入较大的时间和精力进行视线设计，反复调整看台平面及剖面，这种工作效率较低。传统以CAD绘制看台有易出错、不可逆、视线计算复杂、绘图难度大、无看线等缺点。而在本次体育场看台设计中，项目组借助BIM手段，运用参数化工具实现看台视线的快速计算生成，大大提高设计效率。使看台设计可变、可逆。



图27 看台参数化BIM设计

运用BIM手段生成看台分为以下六个步骤：1、使用Autodesk Revit平台中的Dynamo插件将视线分析逻辑进行编程，同时运用PYTHON语言编写重点计算程序。2、通过输入前端参数，从而生成视线合理的看台原始剖面。3、对生成的剖面进行放样，得到完整的看台碗。4、根据功能及造型要求，通过布尔运算完善看台形体。5、完成细部构件设计，如踏步、栏杆等。6、将看台模型导入到中心文件中，进行最后的优化调整。



图28 基于Dynamo的参数化设计

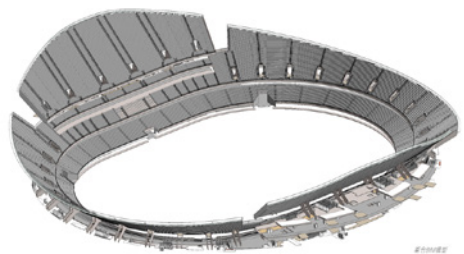


图29 看台模型

通过使用BIM技术绘制的看台图纸相较于传统CAD图纸有较大的优势。以初步设计阶段的看台剖面绘制为例，通过修改前端参数可实现对看台模型的实时更新，该模型可随意剖切并快速出图，同时还可将看线一并导出，使图纸表达更加完整、美观。

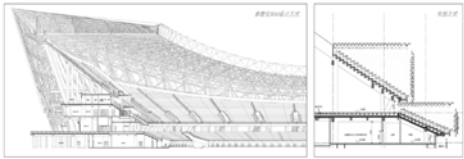


图30 看台参数化BIM设计优势

类型	参数化BIM设计方式	传统方式
参数化设计时间	<1小时 (dynamo程序可重复利用)	>4天 (需重新建模)
看线	有	无
可修改性	随时修改	需对模型重新建模
剖切位置	任意位置	提前确定
表现方式	3D/2D	2D
节点详图	直接详图	另外单独绘制
碰撞检测	模型设计无碰撞检测	需单独碰撞检测

图31 设计方法对比

(4) 钢结构设计

体育场屋顶罩棚及落地支撑为钢结构，下部为钢筋混凝土框剪结构。钢结构采用悬挑立体桁架，呈1/4对称布置，在造型软件中通过建筑折板边线、内侧柱面及屋盖下表面的控制，生

成屋面悬挑桁架上、下弦杆及侧立面格构柱的内、外肢柱。最后根据桁架高度、腹杆角度、支座位置确定钢结构网格尺寸，布置腹杆及环向联系桁架并导入有限元软件进行计算分析。结构布置与建筑造型统一，二者完美融合。

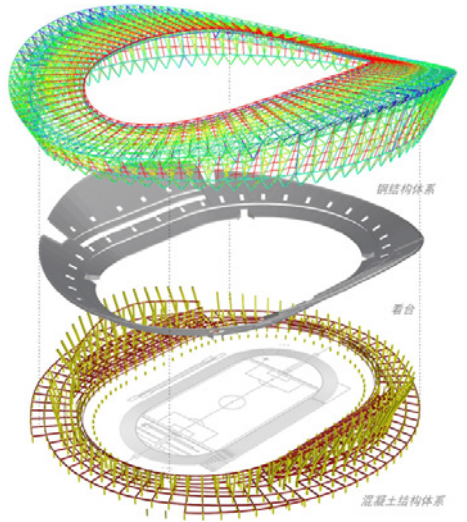


图32 结构体系

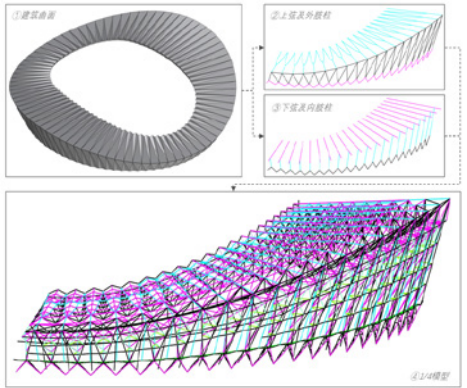


图33 结构体系设计流程

根据确定的上下弦面，桁架腹杆及屋面板可借助程序自动生成。

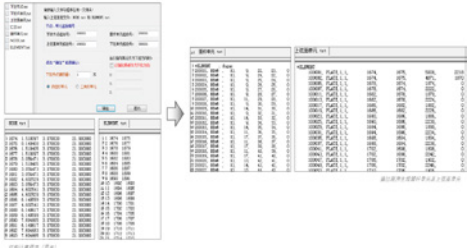


图34 结构计算

项目组采用CFD软件进行风荷载数值模拟来确定实际风压分布，为结构和幕墙设计提供准确依据。

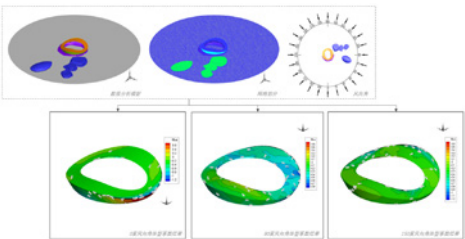


图35 风压测试

悬挑桁架及格构柱主要采用相贯节点，根据有限元软件计算得到杆件内力，通过编写程序对节点承载力进行验算，进而优化节点设计。

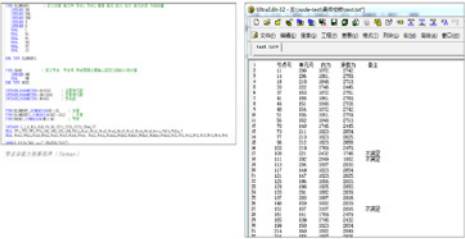


图36 节点验算

在焊接球节点设计中，首先通过程序计算得到焊接球规格，然后利用造型软件插件自动生成焊接球模型。复杂节点采用造型软件建模并导入有限元进行分析，根据计算结果进行三维节点的精确放样。经过计算、优化确定结构设计方案，并将模型返回到Autodesk Revit中。

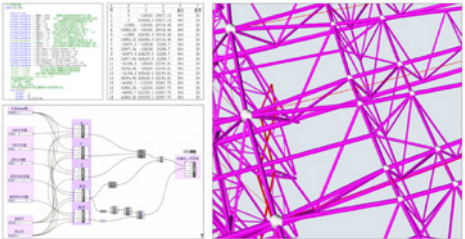


图37 焊接球节点设计

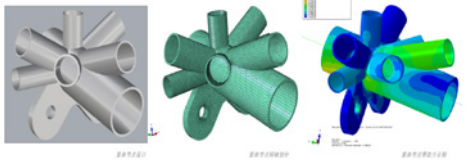


图38 复杂节点设计

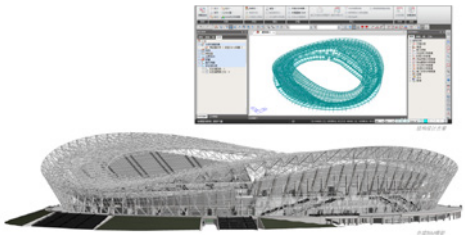


图39 模型整合

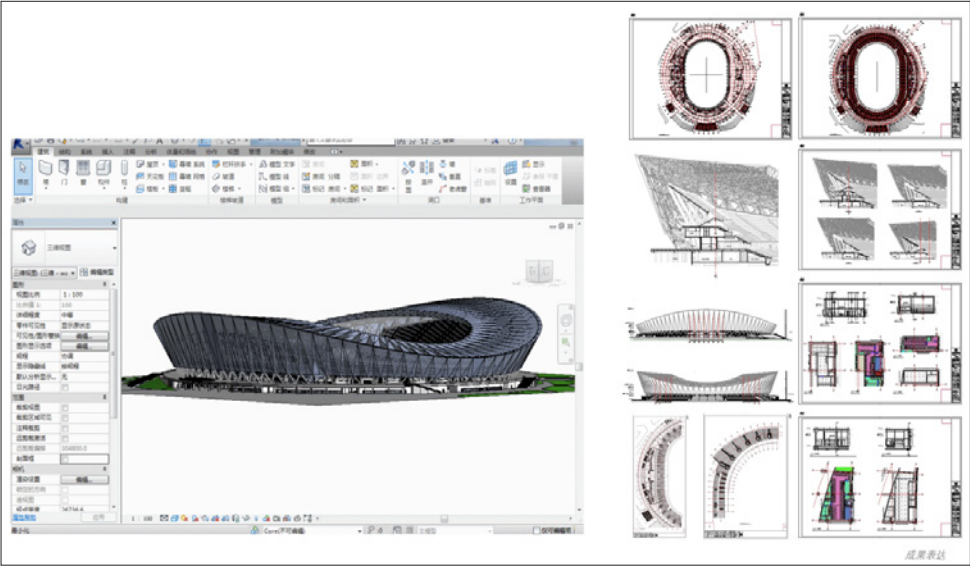


图40 成果表达

四、BIM设计总结

在通过多平台的BIM协同工作后，得到了完整的建筑信息模型。通过创建的BIM模型，可方便快捷进行成果表达。

项目组总结本次体育场BIM设计实践具有高效性、可控性、精确性、连贯性、真实性、先进性等特点。

①高效性：由于BIM拥有协同工作与信息整合的特点：在体育场项目中，提升了多专业的工作效率、沟通效率和出图效率，大量节约了时间成本。

②可控性：BIM模型具有精准的三维控制与易于修改的参变体系：可准确、直观的优化体育

场空间关系与细部设计，做到数据可控。设计师对模型实时修改，所见即所得。

③精确性：体育场的BIM高精度信息模型提高了其设计成果的准确性与落地性。

④连贯性：体育场BIM模型具有反复迭代更新的特点：强化了设计师在不同设计阶段的把控力，保证了体育场设计概念的延续性。

⑤真实性：BIM模型具有真实性，它高质量模拟体育场建筑形态与构造细节，设计的深入一定程度降低着施工难度，实现了工程可控。

⑥先进性：在幕墙、屋面、看台等设计中运用了参数化设计，这种设定规则、调整参数进而获得结果的先进设计思想，明确了设计逻辑、提高了设计效率、优化了设计成果。

这种设计模式提高了工作效率、节约了时间成本、强化了设计精度、提升了建筑品质。经过全程BIM设计控制的张家口奥体中心体育场馆项目，力争成为大规模复杂建筑的又一成功典范。